

## Trabzon Değirmendere Çatak alt havzasının erozyon risk haritasının oluşturulması ve sediment iletim oranının belirlenmesi

Creating erosion risk map and determining sediment delivery ratio of the Trabzon-Değirmendere- Çatak subwatershed

Necla KORALAY

Ömer KARA

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman  
Fakültesi, Trabzon

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)

Necla KORALAY  
nkoralay@ktu.edu.tr

**Geliş tarihi** (Received)

29.03.2022

**Kabul Tarihi** (Accepted)

25.05.2022

**Sorumlu editör** (Corresponding editor)

İbrahim TURNA  
turna@ktu.edu.tr

**Atıf** (To cite this article): Koralay, N. & Kara, Ö. (2022). Trabzon Değirmendere Çatak alt havzasının erozyon risk haritasının oluşturulması ve sediment iletim oranının belirlenmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, Karok 2021, 41-54. DOI: 10.17568/ogmoad.1095264



Creative Commons Atıf -  
Türetilmez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Toprak erozyonu doğal kaynakların sürdürülebilirliğini, sosyal ve ekonomik gelişmeyi ve karasal ile sucul ekosistemleri tehdit eden dünya çapında çevresel bir sorundur. Ülkemizde insanların doğal kaynaklar üzerine baskısının artmasıyla erozyon miktarı artmış ve yaşamsal ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur. Meydana gelen bu etkileri azaltmaya yönelik önlemler alınabilmesi için bir havzada toprak kaybı miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma alanı, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Trabzon ili sınırları içerisinde yer alan Değirmendere Çatak alt havzası seçilmiştir. Çalışmada toprak erozyonu miktarının hesaplanmasında Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (Revised Universal Soil Loss Equation -RUSLE) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, ortalama yağış erosivite (R), toprak erodibilite (K), arazi eğimi ve uzunluğu (LS) ve bitki örtüsü yönetimi (C) değişken değerleri sırasıyla 324.65 MJ ha<sup>-1</sup> mm saat<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>, 0,029 t ha saat ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, 11,23 ve 0,038 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre, Çatak alt havzasında yıllık ortalama toprak kaybı 3,28 ton/ha/yıl, sediment iletim oranı (SİO) 0,44 ve sediment verimi 1,46 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen veriler erozyon kontrol çalışmalarında toprak ve su koruma planlamaları için altlık teşkil edecek ve uygulayıcılara yol gösterici niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemleri, havza amenajmanı, RUSLE, toprak erozyonu

### Abstract

Soil erosion is a worldwide environmental problem that threatens the sustainability of natural resources, social and economic development, and terrestrial and aquatic ecosystems. In our country, the amount of erosion has increased with the increase of people's pressure on natural resources and has caused negative effects on the ecosystem. In order to take measures to reduce this effect, it is necessary to determine the amount of soil loss in a watershed. The study area was chosen as the Değirmendere Çatak subwatershed, which is located within the borders of Trabzon province in the Eastern Black Sea Region of Turkey. In the study, Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and Geographic Information Systems (GIS) were used to calculate the amount of soil erosion. As a result of the study, the mean values of rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), land slope and length (LS), and crop and management (C) were determined as 324.65 MJ ha<sup>-1</sup> mm hour<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, 0.029 t ha hour ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, 11.23 and 0.038, respectively. According to these data, the annual mean soil loss in the Çatak subwatershed was 3.28 tons/ha/year, the sediment delivery ratio (SDR) was 0.44, and the sediment yield was 1.46 tons/ha/year. The data obtained as a result of the study will constitute a base for soil and water conservation planning in erosion control studies and guide the practitioners.

**Keywords:** Geographic information systems, watershed management, RUSLE, soil erosion

## 1. Giriş

Toprak erozyonu dünya çapında su kalitesine, tarımsal üretime ve canlıların devamlılığı için çevreye çok ciddi zararlar veren bir problemdir (Tosic ve ark., 2013; Welde ve Gebremariam, 2017; Koralay ve ark., 2018). Genel anlamda değerlendirildiğinde toprak erozyonu, su, rüzgâr, buzul ve yerçekimi gibi erozyon oluşturan etmenlerin etkisiyle toprağın parçalanması, taşınması ve başka bir yerde birikmesi olayına denilmektedir (Issaka ve Ashraf, 2017). Erozyonu yüksek eğimli, uzun kurak periyotlardan sonra yüksek miktarda yağışın yağması, toprak özellikleri, topoğrafik yapı, iklim değişimleri, uygun olmayan arazi kullanımı ve arazi yüzey örtüsü gibi etkenlerin kombinasyonu sonucunda artmaktadır (Ganasri ve Ramesh, 2015).

Aslında erozyon doğal şartlar altında toprak parçalarının taşınmasını sağlayan doğal bir süreçtir ve olması gereken bir doğa olayıdır. İnsan faaliyetleri olmadan oluşan bu erozyonun oluşumuyla verimli delta ovalarımız oluşmaktadır. Fakat tarımsal faaliyetler, yanlış arazi kullanımı gibi insan faaliyetlerinin neden olduğu etkenlerden dolayı arazide olması gereken erozyon miktarından daha fazla erozyon meydana gelmektedir (Rehman ve ark., 2015). Bu erozyonda toprak taşınımı olayı toprak oluşumundan fazla olmaktadır. Bu da arazi yüzeyine geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Toprak erozyonunun toprağın parçalandığı yani koptuğu yerde (on-site) ve parçalanan, taşınan toprağın biriktiği yerde (off-site) çeşitli çevresel etkilere neden olmaktadır. Toprak erozyonunun verdiği en önemli zararlardan bir tanesi mevcut arazi yapısının bozulmasıdır. Erozyon ile birlikte organik madde açısından zengin, kırıntı, gözenek ve su tutma kapasitesi yüksek olan verimli üst topraklar taşınır. Geriye geçirimsiz, iskelet açısından zengin, su tutma kapasitesi ve besin elementi düşük olan alt toprak tabakası ortaya çıkar. Toprak yapısının bozulmasıyla birlikte tarımsal verim azalır, üretim maliyeti artar, barajların dolmasına sebep olarak ömürlerini kısaltır, bitkisel gelişim azalır, su kalitesi düşer ve sucul canlıların yaşam alanları kısıtlanır (Laffen ve ark., 1985; Ganasri ve Ramesh, 2015).

Toprağın su tutma kapasitesinin azalması yağış suyunun toprak tarafından tutulamayıp yüzeysel akışa geçmesine neden olur (Ganasri ve Ramesh, 2015). Yüzeysel akışa geçen su bünyesinde daha fazla toprak parçacıkları taşır derelerde sediment miktarını artırarak hem su kalitesini bozar hem de dere yataklarını sedimentle doldurarak yatakların daralmasını sağlar. Böylece derelerde sel olayların meydana gelmesini ve sucul organizmaların yaşam

alanlarının kısıtlanmasına sebep olur. Dünya İzleme Enstitüsü'nün (Worldwatch Institute) verilerine göre her yıl 24 milyar ton verimli üst toprak kaybedilmektedir. Türkiye'de yılda erozyonla taşınan toprak miktarı 2018 verilerine göre 154 milyon tondur (ÇEM, 2021).

Hızlandırılmış su erozyonu Türkiye'de yaygın bir sorundur. Meydana gelen erozyon üzerinde %14,26 yağış, %3,36 toprak, %47,55 topografya, %34,82 bitki örtüsü etkili olmaktadır. Özellikle bitki örtüsünün zayıf olduğu ve eğimin yüksek olduğu kurak bölgelerde şiddetlidir. Türkiye topraklarının %86'sı su erozyonundan az ya da çok etkilenmektedir. Her yıl maksimum 642 milyon ton ve hektarda 8,24 ton toprak su erozyonu sonucu yer değiştirmektedir. Ülkemizde erozyonu en çok etkileyen etmenler arasında insan faaliyetlerinden dolayı bitki örtüsü tahribi ve topoğrafik etkenlerden eğitim gelmektedir (ÇEM, 2021).

Erozyonda en etkili faktör bitki örtüsüdür (Kara ve ark., 2018; Erdem ve Türkmen, 2020). Toprak yüzeyinde yeterli arazi örtüsü oluşturan ağaçlar, çalılar gibi bitkiler iklim, topografya ve toprak parametrelerin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini değiştirme özelliğine sahiptir. Bitki örtüsü, sıklık, kapalılık, yükseklik gibi özellikleri ile yağışın önünde mekanik bir bariyer oluşturur (Cüberal ve Ekinci, 2006; Ibrahim ve ark., 2012). Bitki örtüsü toprağın su depolama kapasitesini ve infiltrasyonu artırıcı, terlemesi ile toprak nemini azaltıcı, yüzeysel akışı azaltıcı etkisiyle erozyon miktarını düşürür (Karamage ve ark., 2016).

Ülkemizde erozyonun başka bir nedeni de fizyografik faktörlerden eğitim gelmektedir. Ülkemizin %59'u %12'den fazla eğimli alanlardan oluşmaktadır. Bu alanların %60,28'sinde çok hafif, %19,13'ünde hafif, %7,93'ünde orta, %5,97'sinde şiddetli ve %6,7'sinde çok şiddetli olarak erozyon görülmektedir (ÇEM, 2021). Arazi kullanımı açısından değerlendirdiğimizde Türkiye'de yer değiştiren toprağın %38,71'i tarım alanlarında, %4,17'si orman alanlarında ve %53,66'sı mera alanlarında meydana gelmektedir (ÇEM, 2021). Ülkemizde erozyonun asıl kaynağı tarım ve mera alanları olarak görülmektedir.

Doğa çeşitli büyüklüklerde birçok yağış havzasından oluşmaktadır. Karadaki herhangi bir nokta belirli bir havza içerisinde yer almaktadır. Bir havzanın toprak erozyon miktarının ve sediment üretiminin belirlenmesi havza yönetimi çalışmalarında en önemli konularından bir tanesidir. Yirminci yüzyılın başlarından itibaren insanların doğal kaynaklara baskısının artmasıyla erozyon miktarı artmış ve ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden

olmuştur (Lu ve ark., 2005).

Nüfusun hızlı bir şekilde artması ile sanayileşme, sosyo-ekonomik yapı, eğitim eksikliği gibi nedenlerden dolayı arazilerden aşırı kullanımı ve yanlış arazi kullanımı gündeme gelmiştir (Ahmadi, 1999; Fathizad ve ark., 2014). Yanlış arazi kullanımı toprak erozyonunu etkileyen en önemli sebeplerden biridir. Toprak erozyonunu ve arazi bozulumunu önlemek amacıyla toprak ve su koruma önlemlerinin uygulanabilmesi için erozyona neden olan bilgilerin sağlanması gerekmektedir (Fathizad ve ark., 2014).

Toprak erozyonu insan etkisinin olmadığı zamanlarda kendinden oluşan doğal bir süreçtir. Doğal kaynaklar üzerindeki insan etkisinin artmasıyla birlikte yanlış arazi kullanımı gündeme gelmiş ve ülkemizde de erozyon miktarı artmıştır. Ekosistem ciddi zarar veren bir boyuta ulaşmıştır (Balcı, 1996; Çepel, 1996; Issaka ve Ashraf, 2017). Meydana gelen bu etkiyi azaltmaya yönelik kararlar alınabilmesi için bir alanın toprak erozyon miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için dünyada çok sayıda formül geliştirilmiştir. Bu formüllerden dünya da en çok kullanılan yöntem Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE)'dir (Wischmeier ve Smith, 1978; Renard ve ark., 1991).

Sunulan çalışmada Trabzon-Değirmendere Çatak alt havzasının toprak erozyon miktarının hesaplanması için ArcGIS uygulaması ile birlikte RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Trabzon ilinde bulunan Değirmendere Çatak alt havzasında RUSLE yöntemine göre toprak erozyonu miktarı, sediment iletim oranı ve erozyon risk haritası oluşturulması amaçlanmıştır. Bir havzaya ait erozyonun şiddetinin ve mekânsal dağılımının belirlenmesinde RUSLE yöntemi ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin birlikte kullanılması bilgiye kolay ulaşılabilirlik ve zaman açısından tasarruf sağlanmasından dolayı önemlilik arz etmektedir.

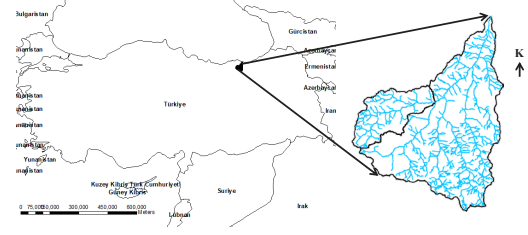
## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma alanının yeri ve özellikleri

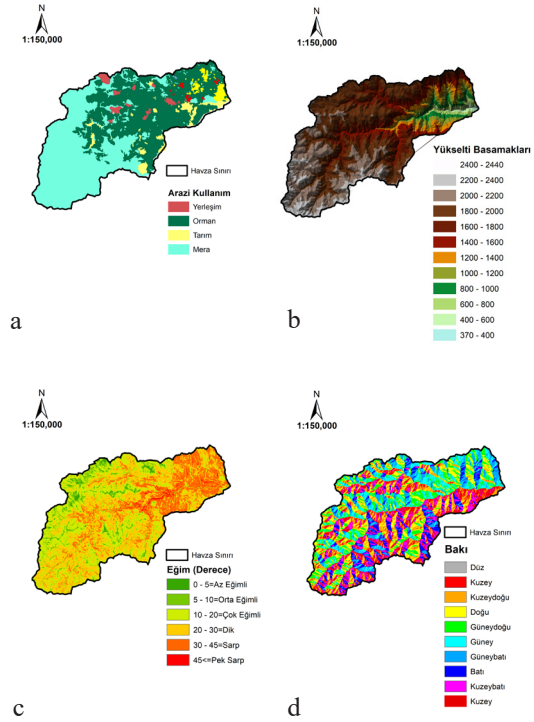
Çalışma alanı olarak Türkiye Doğu Karadeniz bölgesinde Trabzon ili sınırları içerisinde yer alan Değirmendere Çatak alt havzası seçilmiştir. Havza alanımız 18.889,5 ha'dır. Değirmendere havzası, Trabzon G42-G43 topoğrafik haritalarından oluşmaktadır. Genel olarak Trabzon ılıman deniz iklim tipine sahiptir. Havzada geçmişte yaşanan sel ve heyelanlardan dolayı çok sayıda can ve mal kaybı yaşandığı için çalışma alanı olarak Çatak alt havza-

sı seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu  
Figure 1. Location of the study area

Alanın yaklaşık %44,99'u orman (ladin (*Picea orientalis*), sarıçam (*Pinus sylvestris*), kayın (*Fagus orientalis*), gürgen (*Carpinus betulus*) alanlarından, %46,17'si mera alanlarından, %6,15'i tarım alanlarından ve %2,68'i yerleşim yerlerinden oluşmaktadır. Havzanın ortalama eğimi %45,59'dur (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı arazi kullanım (a), yükselti (b), eğim (c) ve bakı (d) haritaları  
Figure 2. Land use (a), elevation (b), slope (c) and aspect (d) maps of the study area

Alanın yaklaşık 121,83 ha'ı meyve bahçelerinden, 2.649,38 ha karışık ormanlardan, 5.271,92 ha iğne yapraklı ormanlardan, 414,57 ha geniş yapraklı ormanlardan, 28,56 ha alan sulanamayan ekilebilir ara-

zilerden ve geriye kalan 10.403,24 ha'lık kısmı diğer arazi kullanımlarından oluşmaktadır (Şekil 2a). Havzanın yükselteleri 370m ile 2600 m arasındadır (Şekil 2b). Trabzon 11. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Maçka-Örnekan Meteoroloji İstasyonundan alınan verilere göre havzanın yıllık toplam yağış miktarı 1.647,95 mm olarak bulunmuştur.

## 2.2. Yöntem

Yağış havzasında toprak kaybı miktarını ölçmek için USLE, MUSLE, RUSLE gibi değişik yöntemler kullanılmaktadır (Renard ve ark., 1997). Değirmendere Çatak alt havzasında oluşan toprak

erozyonu miktarını ölçmek için RUSLE yöntemi kullanılmıştır (Şekil 3). Formüldeki terimler ve birimleri aşağıdaki gibidir:

A = Ortalama yıllık toprak kaybı ( $t\ ha^{-1}\ y^{-1}$ ),

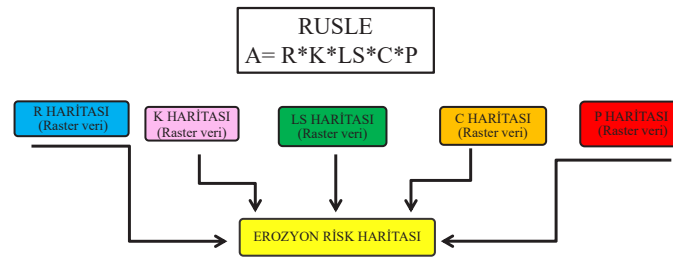
R = Yağış aşındırma enerjisi ( $MJ\ ha^{-1}\ y^{-1}\ x\ mm\ h^{-1}$ ),

K = Toprak erozyon duyarlılığı faktörü ( $ton\ ha^{-1}\ x\ ha\ MJ^{-1}\ x\ h\ mm^{-1}$ ),

LS = Yamaç uzunluğu ve eğim dikliği faktörü,

C = Arazi örtüsü ve yönetimi faktörü,

P = Toprak-su koruma önlemleri faktörü

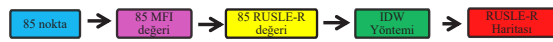


Şekil 3. Değirmendere Çatak alt havzasının erozyon miktarının hesaplanması ve erozyon risk haritasının oluşturulması

Figure 3. Calculation of erosion amount of Çatak sub-watershed of Değirmendere Watershed and creation of erosion risk map

### 2.2.1. Yağış erosivite (R) faktörü

R değerini elde etmek için Maçka-Örnekan meteoroloji istasyonundan yıllık ve aylık toplam yağış verileri alınmıştır. Bu yağış verilerinden R değerlerini hesaplamak için alana 1.500 m aralıklar ile 85 tane sanal meteoroloji istasyonu atılmıştır (Özdemir ve Tatar, 2016). Daha sonra her bir noktada yağış verilerini belirlemek için Schreiber tarafından önerilen yıllık her 100 m de 54 mm yağışın arttığı varsayılarak Örnekan meteoroloji istasyonlardaki yağış verileri kullanılarak 85 noktanın yağış verileri hesaplanmıştır (Şekil 4) (Erinç, 1984). Bu istasyonlarda önce Modifiye edilmiş Fournier İndeks (MFI) formülü (Arnoldus, 1977) kullanılmış ve R değeri hesaplamasında Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016) formülünden faydalanılmıştır. Daha sonra arcGIS ortamında IDW yöntemi kullanılarak R değerleri alana yayılmıştır (Eşitlik 1 ve Eşitlik 2).



Şekil 4. RUSLE-R parametresi hesaplanması  
Figure 4. Calculation of RUSLE-R parameter

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (1)$$

Bu eşitlikte:

MFI = Modifiye edilmiş Fournier İndeks,

P<sub>i</sub> = i'nci aydaki yağış (mm),

P = Yıllık yağışı (mm).

$$R = 4.17 \times MFI - 152 \quad (2)$$

Bu eşitlikte:

R = Yağış erosivite faktörü.

MFI = Modifiye edilmiş Fournier İndeks (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016).

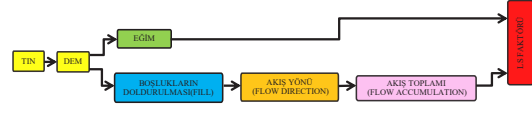
### 2.2.2. Toprak erodibilite (K) faktörü

Bu çalışmada, Değirmendere Çatak Alt Havzasının K faktörünün belirlenmesi amacıyla, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nden Çatak havzasına ait büyük toprak grupları haritası alınarak K değerleri hesaplanmıştır (TRGM, 2021). Alınan K değerleri Amerikan birim sisteminde olduğundan her değer daha sonra 0,1317 ile çarpılarak Uluslararası Birimler Sistemi'ne (SI) çevrilmiştir (Tablo 1).

### 2.2.3. Arazi eğimi ve uzunluğu (LS) faktörü

RUSLE-LS parametresini niteleyen arazi eğimi ve yamaç uzunluğu faktörünün doğrudan arazide hesaplanması zor olduğundan LS haritasının üre-

tilmesinde ArcGIS yazılımından faydalanılmıştır. ArcGIS ortamında Dijital Yükseklik Modeli (DEM) kullanılarak 30x30 çözünürlükte LS haritaları üretilmiştir (Şekil 5). LS haritası üretilirken arazinin eğim haritası ve akış birikimi verileri kullanılmıştır. Değirmendere Çatak alt havzasının RUSLE-LS faktörünün hesaplanmasında ilgili haritalar Eşitlik 3'te sunulan formülde yerine koyularak alanın LS haritası bulunmuştur (Moore ve Burch 1986) (Şekil 5).



Şekil 5. LS faktörü hesaplama  
Figure 5. Calculation of LS factor

$$LS = \left( \frac{\text{Akış toplamı} \times \text{Hücre büyüklüğü}}{22,13} \right)^{0,4} \left( \frac{\text{Sin Eğim}}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (3)$$

Tablo 1. Büyük toprak grupları K değerleri  
Table 1. K values for big soil groups

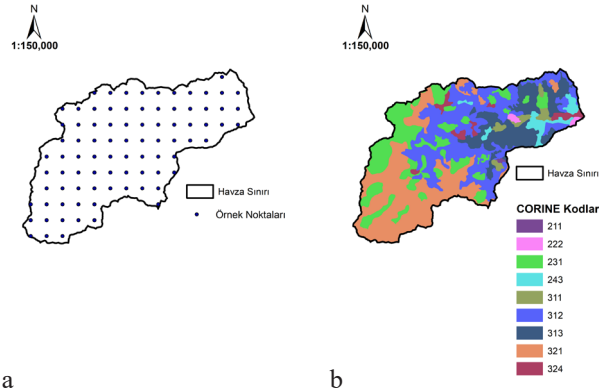
Büyük toprak grubu	K Faktörü
Yüksek dağ çayırı toprakları	0,20
Kestane renkli topraklar	0,22
Kırmızı-sarı podzolik topraklar	0,25
Gri-kahve podzolik topraklar	0,25
Kahverengi orman toprağı	0,20

#### 2.2.4. Bitki örtüsü (C) faktörü

Havzanın toprak kaybını hesaplamak amacıyla havzadaki bitkisel örtü ve ürün yönetimini ifade eden RUSLE-C faktörünü belirlemede Avrupa'nın geneli için geçerli sayılan CORINE arazi örtüsünde (CORINE land cover 2012-2018) tanımlanan RUSLE-C değerleri kullanılmıştır (CORINE, 2021) (Tablo 2 ve Şekil 6).

Tablo 2. Değirmendere Çatak alt havzasında kullanılan CORINE kodları (Kılıç ve ark., 2018)  
Table 2: CORINE codes used in Değirmendere Çatak sub-watershed (Kılıç et al., 2018)

CORINE kodları	Arazi örtüsü	C Faktörü
111-112	Yerleşim	0,14
211	Sulanamayan ekilebilir arazi	0,45
222	Meyve bahçeleri	0,1
231	Çayır	0,02
243	Doğal bitki örtüsü tarım alanları tarafından işgal edilen arazi	0,20
311	Geniş yapraklı orman	0,004
312	İğne yapraklı orman	0,004
313	Karışık orman	0,004
321	Doğal meralar	0,05
324	Geçiş ormanlık çalı	0,007



Şekil 6. Değirmendere Çatak alt havzası sanal meteoroloji istasyonları (a) ve CORINE (b) haritaları  
Figure 6. Değirmendere Çatak sub-watershed virtual meteorology stations and CORINE maps



## 2.2.5. Toprak koruma (P) faktörü

Türkiye’de herhangi bir toprak koruma uygulaması ve faaliyeti yapılmamaktadır. Bu nedenle P değeri genellikle 1 alınmaktadır (Renard ve ark., 1991; Ganasri ve Ramesh, 2015). Değirmendere Çatak Alt Havzasında da herhangi bir toprak koruma faaliyetleri bulunmadığı varsayılarak P faktörü “1” olarak alınmıştır.

## 2.2.6. Sediment iletim oranı

Su toplama havzası toprağın aşınması ve birikmesi olmak üzere iki bölüme ayrılabilir. Havzadaki toprak kaybı miktarını hesaplamak için RUSLE yöntemi kullanılmaktadır. Fakat RUSLE yöntemi alandaki toprak kaybı miktarını tahmin eder. Havzada oluşan toprak miktarının ne kadarının dereye ulaştığı konusunda herhangi bir hesaplama yapılmamaktadır. Yağış havzasında toprak erozyonu meydana geldiği zaman aşınan toprağın tamamı derelere ulaşmaz (Lee ve Kang, 2013; Vatandaşlar ve Yavuz, 2017).

Su akış hızının ve eğimin azalmasından dolayı havzanın herhangi bir yerinde birikebilir. Havza alanında oluşan toprak erozyonunun ne kadarının dereye ulaştığını öğrenmek için sediment iletim oranının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için eşitlik 4’teki formül kullanılarak sediment iletim oranı hesaplanmıştır (Eşitlik 4).

$$SiO = \exp\left[-\beta \frac{L}{\sqrt{St}}\right] \quad (\text{Yılman, 2009}) \quad (4)$$

SiO = Her bir hücre için belirlenmiş sediment iletim oranı

L = Hücre su yolu uzunluğu(m)

St = Hücre eğimi (%)

$\beta$  = Akım ve sediment taşınım süreçlerine bağlı olarak geliştirilen eşitlik katsayısıdır.

## 3. Bulgular

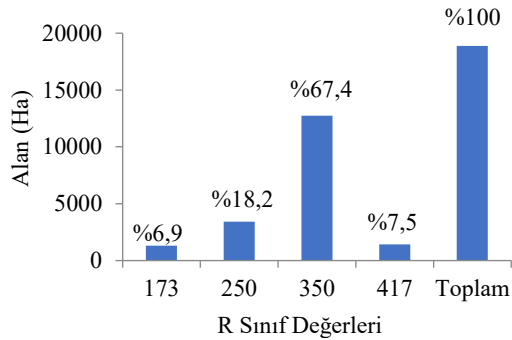
### 3.1. Yağışın erozyon oluşturma gücü (RUSLE-R)

Havza alanına ait R değerleri 145 – 200 MJ ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> × mm h<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir. Ortalama R değeri 324,65 MJ ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> × mm h<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Şekil 9 ve Tablo 1). Değirmendere Çatak alt yağış havzası R parametresinin oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama R değeri Tablo 1’ de verilmiştir.

Değirmendere Çatak alt havzasında ağırlıklı olan R sınıfı 200-300 ve 300-400 arasındadır. Bunun alansal dağılımı ise sırasıyla %18,2 ve %67,4’tür. Toplam havza alanının %85,6’sını oluşturmaktadır. Diğer R sınıflarının dağılımı ise havza alanının %14,4’lük kısmını oluşturmaktadır. R- sınıf değerlerine alansal dağılımları Tablo 3 ve Şekil 7’ de verilmiştir.

Tablo 3. RUSLE-R parametresinin Değirmendere Çatak alt havzasında oransal değişimi  
Table 3. Proportional change of RUSLE-R parameter in Değirmendere Çatak sub-watershed

R Sınıf değerleri	Sınıf orta değerleri	Alan (ha)	%ha	Sınıf orta değeri x alan (ha)
145 – 200	173	1.300,38	6,9	224.965,70
200 – 300	250	3.433,99	18,2	858.497,50
300 – 400	350	12.736,10	67,4	4.457.635,00
400 - 434	417	1.418,48	7,5	591.506,16
	Toplam	18.889,80	100	6.132.604,36
	Ağırlıklı ortalama	6.132.604,36/18.889,8= 324,65 MJ ha <sup>-1</sup> mm saat <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup>		



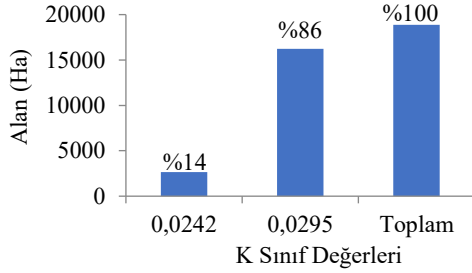
Şekil 7. R Değerlerinin alan dağılımı  
Figure 7. Areal change of R values

### 3.2. Toprak erozyon duyarlılığı (RUSLE-K)

Değirmendere Çatak alt yağış havzası yağışın toprağı parçalayıcı gücüne karşı direncini gösteren toprak erodibilite faktörü (RUSLE-K) değerlerini hesaplariken alana ait büyük toprak grupları haritası K değerlerine göre ArcGIS ortamında raster veri formatına dönüştürülmüştür. Böylece K değerlerinin alana yayılması sağlanmış ve sahanın K faktörü haritası elde edilmiştir (Şekil 9). RUSLE-K haritası toprakların erozyona yatkınlık derecelerine göre oluşturulmuştur (Tablo 3). RUSLE-K faktörü sınıflarının alansal ve oransal dağılımları Tablo 4 ve şekil 8’de verilmiştir.

Tablo 4. RUSLE-K Parametresinin Değirmendere Çatak alt havzasında oransal değişimi  
Table 4. Proportional change of RUSLE-K Parameter in Değirmendere Çatak sub-watershed

K Sınıf değerleri	Sınıf orta değerleri	Alan (Ha)	%ha	Sınıf orta değeri x alan (Ha)
0,0224 – 0,026	0,0242	2.645,1299	14	64,012
0,026 – 0,033	0,0295	16.244,6700	86	479,218
	Toplam	18.889,800	100	5.432,298
Ağırlıklı ortalama		543,2298/18.889,8= 0,03 t ha saat ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> m <sup>m-1</sup>		



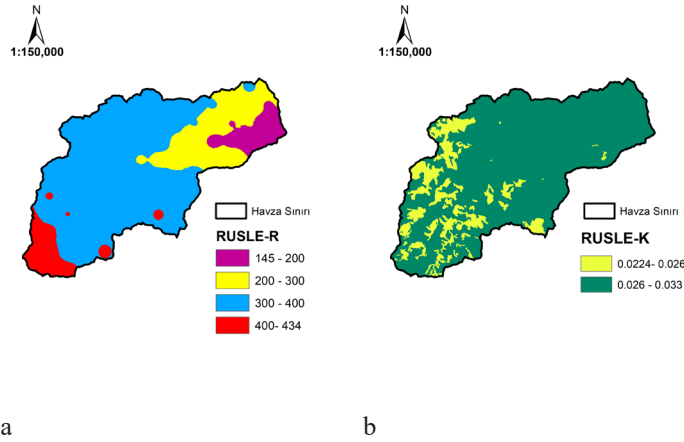
Şekil 8. K değerlerinin alan dağılımı  
Figure 8. Areal change of K values

Toprağın erozyona yatkınlığını gösteren RUSLE-K değerleri SI birim sistemine göre 0,013-0,059 arasında ve Amerikan sistemine göre 0,10-0,45 arasında değişim göstermektedir (Tablo 5; Foster ve ark., 1981). Bu nedenle bulduğumuz değerler uluslararası birim sistemine çevrilmiştir.

Çatak alt havza alanındaki toprakların RUSLE-K değerleri 0,0224 ile 0,033 arasında değişim göstermektedir. K faktörünün alansal olarak ağırlıklı ortalaması 0,03 olarak hesaplanmıştır. K değerleri havza alanına yayıldığında 0,026-0,033 sınıfının alansal oranı %86'dır (Tablo 3). Havza alanında

Tablo 5. Toprak erozyon duyarlılık sınıfları ve sayısal değerleri  
Table 5. Soil erosion sensitivity classes and numerical values

Erodibilite faktörü (K)		
Amerikan sistemi (t ac saat 100ac <sup>-1</sup> foot tonf inç <sup>-1</sup> )	Uluslararası sistem (SI) (t ha saat ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	Anlamı ve derecesi
0 – 0,05 x 0,1317	0 – 0,007	Çok az aşınabilir
0,05 -0,10	0,007 – 0,013	Az aşınabilir
0,10 – 0,20	0,013 – 0,026	Orta derecede aşınabilir
0,20 – 0,40	0,026 – 0,052	Kolaylıkla aşınabilir
0,40 – 0,60	0,052 – 0,079	Çok kolaylıkla aşınabilir
> 0,60	> 0,079	Aşırı derecede kolay aşınabilir



Şekil 9. Değirmendere Çatak alt havzası RUSLE-R (a) ve RUSLE-K (b)  
Figure 9. RUSLE-R and RUSLE-K maps of Değirmendere Çatak sub-watershed

belirlenen K değerleri toprak erodibilite sınıflarına göre orta ve kolay aşınabilir sınıfta topraklardan oluştuğu görülmektedir (Tablo 4). Toprak aşınım faktörü (K) değerleri,  $0,020 \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ h mm}^{-1}$  ve daha düşük topraklardaki aşınabilirlik ihmal edilebilir seviyede olduğu kabul edilmektedir (Wischmeier ve Smith, 1978). Buna göre Çatak alt havzasının toprakların erozyona yatkınlığı %14'lük kısmı düşük seviyede ve havzanın %86'lık kısmı ise yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Havzanın topraklarının yaklaşık 2/3'lük kısmı kolaylıkla

erozyona uğrayabilecek toprak yapısına sahiptir.

### 3.3. Yamaç Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (RUSLE-LS)

LS değerleri, arcGIS ortamında alana ait "Sayısal Yükseklik Modeli" (SYM) ve "Hidrolojik Akım birikimi" hesaplama aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Havza alanına ait LS değerlerinin alansal dağılımı Tablo 6'da verilmiştir. Havza alanında ağırlıklı ortalama LS değeri 11,23 olarak bulunmuştur (Şekil 10).

Tablo 6. RUSLE-LS Parametresinin Değirmendere Çatak alt havzasında oransal değişimi  
Table 6. Proportional change of RUSLE-LS parameter in Değirmendere Çatak sub-watershed

LS Sınıf değerleri	Sınıf orta değerleri	Alan (ha)	%ha	Sınıf orta değeri x alan (ha)
0-5	2,5	5.449,3301	28,8	13.623,33
5-10	7,5	3.201,0000	17	24.007,50
10-15	12,5	3.255,2600	17,2	40.690,75
15-20	17,5	2.333,5000	12,4	40.836,25
20<	20	4.650,7100	24,6	9.3014,20
Toplam		18.889,8000	100	212.171,83
Ağırlıklı ortalama			212.171,83/18.889,8=11,23	

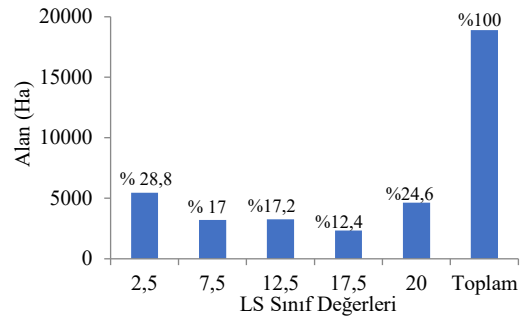
Şekil 12(a)'dan elde edilen LS değişkeninin, Çatak alt havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama RUSLE-LS değeri Tablo 6'da verilmiştir. Çatak havzasında baskın olan LS sınıfları, 0-5, 10-15 ve 20< sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla %28,8; %17,2 ve %24,6'dır. Toplamları ise yaklaşık olarak %72'dir.

LS sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 10'da verilmiştir. LS sınıflarına alansal olarak bakıldığında havzanın %53,4'lük kısmının yüksek LS değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Havza LS değerleri açısından toprak erozyonuna yatkın bulunmaktadır.

### 3.4. Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi (RUSLE-C)

Havzaya ait havzadaki bitkisel örtü ve ürün yönetimini tanımlamak için kullanılan RUSLE-C değerlerinin hesaplarken CORINE arazi örtüsünde (CORINE land cover 2012-2018) tanımlanan RUSLE-C değerleri kullanılmıştır (EEA, 2000) (Şekil 14). Şekil 14'den elde edilen C faktörünün Değirmendere Çatak Alt havzasının oransal dağılımı Tablo 7'de verilmiştir. Çatak havzasında baskın olan C sınıfları, genellikle ormanlık alanların oluştuğu 0,004 - 0,01 sınıfı ve doğal mera alanlarından oluşan 0,04 - 0,14 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla %46,6 ve %32,84'tür. Toplamları ise yaklaşık olarak %79,44'tür. RUSLE-C sınıflarının alansal

dağılımları Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. LS değerlerinin alan dağılımı  
Figure 10. Areal change of LS values

C sınıflarına alansal olarak bakıldığında havzanın yarısına yakının düşük C değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu da havza topraklarının yarısına yakın kısmının ormanlık alanlar tarafından korunduğunu göstermektedir. Diğer kısmı ise doğal mera alanlarından oluşmakta ve bu alanlardaki topraklar erozyona daha yatkın bulunmaktadır.

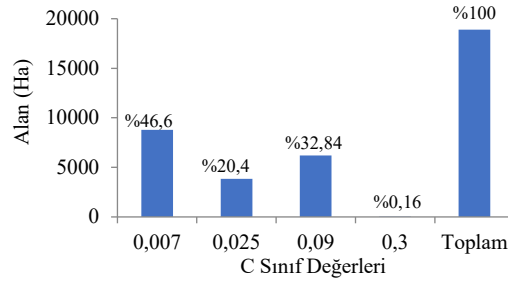
### 3.5. Toprak Koruma Yöntemleri (RUSLE-P)

Havza alanında hiçbir toprak ve su koruma uygulamaları yapılmadığından bu değer 1 olarak kabul edilmiştir.

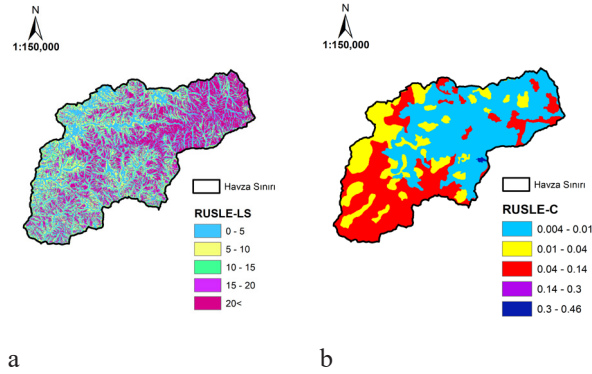


Tablo 7. RUSLE-LS Parametresinin Değirmendere Çatak Alt Yağış Havzasında Oransal Değişimi  
Table 7. Proportional change of RUSLE-LS Parameter in Değirmendere Çatak sub-watershed

C Sınıf değerleri	Sınıf orta değerleri	Alan (ha)	%ha	Sınıf orta değeri x alan (ha)
0,004 – 0,01	0,007	8.797,1396	46,6	61,580
0,01 – 0,04	0,025	3.848,6599	20,4	96,217
0,04 – 0,14	0,09	6.213,0698	32,84	559,180
0,14 – 0,46	0,3	309,2760	0,16	9,280
	Toplam	18.889,8000	100	726,260
Ağırlıklı ortalama			726,26/18.889,8=0,04	



Şekil 11. C değerlerinin alan dağılımı  
Figure 11. Areal change of C values



Şekil 12. Değirmendere Çatak alt havzası RUSLE-LS (a) ve RUSLE-C (b) haritaları  
Figure 12. RUSLE-LS (a) and RUSLE-C (b) maps in Değirmendere Çatak sub-watershed

### 3.6. Değirmendere Çatak Alt Havzası Toprak Kaybı (RUSLE-RKLSC)

Değirmendere Çatak Alt Havzasının toprak kaybı risk haritası RUSLE-R, RUSLE-K, RUSLE-LS ve RUSLE-C parametrelerinin ArcGIS ortamından “raster calculator” aracı kullanılarak çarpılmasıyla elde edilmiştir. Değirmendere Çatak Alt Havzasının toprak kaybının oransal dağılımı Tablo 8’de verilmiştir. Alana ait erozyon risk haritası Şekil 15’te verilmiştir.

Çatak Havzasının alansal olarak %65,9’lık kısmında 0-2 ton/ha ve %14,3’ünde 2,1-5 ton/ha toprak kaybı

meydana gelmektedir. 5 ton/ha’ın üzerinde yer alan diğer sınıfların alansal olarak toplamı ise %19,8’dir.

Değirmendere Çatak Alt Havzasının birim alanda meydana gelen ortalama toprak kaybı miktarı 3,28 ton/ha olarak bulunmuştur. Çatak alt havzasında meydana gelen toplam toprak kaybı ise 61.958,54 ton/yıl olarak bulunmuştur. Toprak kaybı sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 13’te verilmiştir

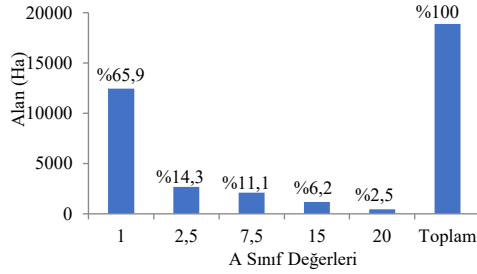
### 3.7. Sediment iletim oranı (SİO)

Değirmendere Çatak Alt Havzasının ait tahmin edilen hesaplanan sediment iletim oranının alansal

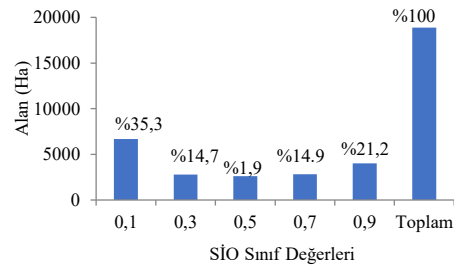
Tablo 8. RUSLE-A Parametresinin Değirmendere Çatak alt havzasında oransal değişimi  
Table 8. Proportional change of RUSLE-A parameter in Değirmendere Çatak sub-watershed

A Sınıf değerleri	Sınıf orta değerleri	Alan (ha)	% ha	Sınıf orta değeri x alan (ha)
0-2	1	12.444,32	65,9	12.444,3200
2-5	2,5	2.691,48	14,3	6.728,7060
5-10	7,5	2.102,38	11,1	15.767,8500
10-20	15	1.188,131	6,2	17.821,9700
>20	20	463,49	2,5	9.269,800
Toplam		18.889,8	100	62.032,6463
Ağırlıklı ortalama		62.032,6463/18.889,8=3,29 ton/ha		

dağılımı Tablo 9 ve Şekil 15'te gösterilmiştir. Havzanın sediment iletim oranı 0,44; sediment verimi 1,46 ton/ha/yıl ve hesaplanan sediment miktarı ise 27261,76 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 13. A değerlerinin alan dağılımı  
Figure 13. Areal change of A values



Şekil 14. SİO değerlerinin alan dağılımı  
Figure 14. Areal change of SİO values

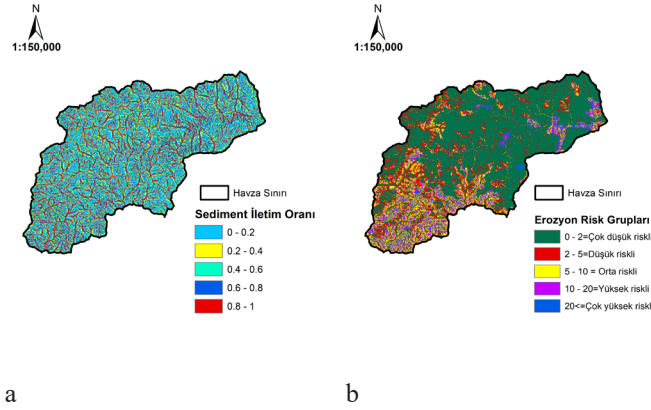
Tablo 9. Değirmendere Çatak alt havzasında SİO oransal değişimi  
Table 9. Proportional change of SDR in Değirmendere Çatak sub-watershed

SİO Sınıf değerleri	Sınıf orta değerleri	Alan (ha)	%ha	Sınıf orta değeri x alan (ha)
0-0,2	0,1	6674,071	35,3	667,41
0,2-0,4	0,3	2.778,8899	14,7	833,67
0,4-0,6	0,5	2.623,1599	13,9	1.311,58
0,6-0,8	0,7	2.805,79	14,9	1.964,05
0,8-1	0,9	4.007,8899	21,2	3.607,1
Toplam		18.889,8000	100	8.383,81
Ağırlıklı ortalama		8.383,81/18.889,8=0,44		

#### 4. Tartışma ve sonuç

Değirmendere Çatak Alt Havzasının toprak erozyonu miktarının hesaplanmasında dünyada yaygın olarak kullanılan Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, ortalama R, K, LS ve C değişken değerleri sırasıyla 324,65 MJ ha<sup>-1</sup> mm saat<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>; 0,029 t ha saat ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>; 11,23 ve 0,038 olarak belirlenmiştir. Doğan (1982), 1967-1978 yılları arasında yaptığı çalışmada R faktörünü 28,32; K faktörünü 0,214; L faktörünü 22 m için 1,18; 44 m için 0,52; 66 m

için 0,79; 88 m için 0,90 S faktörünü %8 eğim için 0,6 ve C faktörünü buğday-nadas için 0,26 olarak bulmuştur. Nijimbere ve Lizana (2019) yaptıkları çalışmada R değeri için 20 yıllık yağış verilerini kullanmışlar ve Burundi için R değerinin 938,35 ile 435,65 MJ ha/mm/h arasında değiştiğini göstermişlerdir. Çalışma alanında elde edilen K değerleri 0 ile 0,00158 arasında değişmektedir. LS Faktörü, L değeri 0,9-49,6, S değeri 0,03-14,3 arasında değişmektedir. Arazi kullanımı/örtüsü için C faktörünü 0 ile 0,5 aralığında bulmuşlardır. Ulusal toprakların %64'ünden fazlasının çok şiddetli erozyona maruz kaldığını vurgulamışlardır.



Şekil 15. Değirmendere Çatak alt havzasın SİO (a) ve erozyon risk (b) haritaları  
Figure 15. SDR (a) and erosion risk (b) maps in Değirmendere Çatak sub-watershed

Çatak alt havzasında birim alanda yıllık ortalama toprak kaybı 3,28 ton/ha/yıl, sediment iletim oranı 0,44 ve sediment verimi 1,46 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Havza alanında meydana gelen toprak erozyon miktarı 61.958,54 ton/yıl ve dereye ulaşan sediment miktarı ise 27.261,76 ton/yıl olarak bulunmuştur. Kara ve ark.,(2018) Trabzon Foldere Yağış Havzasında toprak erozyonu miktarının hesaplanmasında RUSLE ile birlikte CBS uygulamasını kullanarak yıllık ortalama toprak kaybını 3,76 ton/ha bulmuşlardır. Çalışma sonucunda, sırasıyla ortalama R, K, LS ve C değerlerini 422,0 MJha/mm/saat/yıl, 0,0182 t ha saat/ha/MJ/mm, 10,7 ve 0,026 olarak belirlenmiştir. Tüfekçioğlu ve ark. (2018) tarafından Çoruh Nehri Veliköy Alt Havzasında RUSLE denklemi kullanılarak yüzey toprak kaybını ortalama yaklaşık 3,9 t/ha/yıl olarak bulunmuştur. Çalışma alanının %8,2'sinin potansiyel yüzey toprak erozyonu açısından yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olduğu tahmin edilmiştir. Benzer şekilde Kara ve ark., 2018 yılında Foldere havzasında yaptıkları çalışmada sediment iletim oranını Vanoni (1975)'ye göre 17.189,9 ton/yıl, Boyce (1975)'ye göre 7507,4 ton/yıl ve USDA (1972)'ya göre 22.311,8 ton/yıl olarak bulmuşlardır. Sediment verimi ise Vanoni (1975)'ye göre 0,245, Boyce (1975)'ye göre 0,107 ve USDA (1972)'ya göre 0,318 bulunmuştur. Chougule ve ark., (2021) tarafından Hindistan'da yapılan bir çalışmada havza için RUSLE yöntemi ile tahmini ortalama yıllık toprak kaybını 18.81 t/ha/yıl olarak bulmuşlardır. Sediment İletim Oranı (SDR) 0,01-0,627 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmamız, Değirmendere- Çatak alt havzasının yer aldığı Doğu Karadeniz Yöresinde yapılan araştırmalar ile uyumludur.

Türkiye'de ortalama yıllık toprak kaybı 6,5 ton/ha/

yıl olarak alınmaktadır (Kara ve ark., 2018). Çatak havzasında tahmin edilen toprak kaybı miktarının Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Havzada 2 ton/ha/yıl'ın altında toprak kaybı olan yerlerin oranı %65,9 civarındadır (Tablo 8). 5 tonun altında toprak kaybı olan yerler ise havza alanının yaklaşık %80,2'lik kısmını oluşturmaktadır.

Havzamızın %19,8'lik kısmında şiddetli erozyon görülmektedir. Toprak erozyon miktarında arazi yapısına göre her alanın kendine özgü toprak kaybı toleransı sınır değerleri vardır. Genel olarak değerlendirildiğinde toprak derinliği yüksek olan alanlarda yıllık ortalama toprak kaybı tolerans sınırı değeri 11 t/ha olarak kabul edilmektedir. Fakat duyarlı alanlarda eğimin yüksek, bitki örtüsünün ve toprağın zayıf veya erodobilitenin yüksek olduğu yerlerde bu değer 2 t/ha dan düşük olmalıdır (Hudson, 1981). Toprak kaybı sınır değerleri arazinin yapısına göre belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmamızda erozyon riskinin çok yüksek olduğu alanlar genellikle doğal mera alanların olduğu bölgeler olduğu görülmüştür. Değirmendere havzasının büyük toprak grupları haritasına bakıldığında bu alanlarda aynı zamanda toprak yetersizliği de mevcuttur. Bulunan toprak kaybı miktarı bu açıdan önemlilik arz etmektedir. Alana ait toprak ve su koruma uygulamalarının planlanması yapılarak toprak kaybı miktarının önlenmesi gerekmektedir. Havzada eğim haritasına bakıldığında eğimin yüksek olduğu bölgelerde (genellikle havzanın orta kısımları) yeterli bitki örtüsü ile kaplı olduğu için erozyon riski bu alanlarda düşük çıkmıştır. Hafif eğimli ve LS değerinin düşük olduğu bazı alanlarda ise toprak yüzeyi bitki örtüsünden yoksundur ve bu alanlarda yağış erozivite (aşındırabilirlik) değeri yüksek olduğundan bu alanlarda erozyon riski yüksek bulunmuştur.

Erozyon risk haritasına bakıldığında orman örtüsü gibi yeterli bitki örtüsünün olduğu alanlarda toprak erodibilite değerleri yüksek çıkmasına rağmen erozyon riski sınır değerleri 0-2 ton/ha/yıl arasında bulunmuştur. R ve K değerinin yüksek olduğu alanlarda toprak örtüsü bitki örtüsü ile kaplı olduğu için erozyon riski azalmaktadır. Alandaki bitki örtüsü ortamdan uzaklaştırıldığı takdirde toprak doğrudan yağışın etkisine maruz kalacak ve erozyona uğrayacaktır (Rehman, 2015). Karagül (1999) Trabzon Söğütlü deresi havzasında en düşük dispersiyon oranını orman topraklarında, en yüksek dispersiyon oranını ise tarım topraklarında bulmuştur. Orman alanlarının tarım ve mera alanlarına dönüştürüldüğünde toprakların erozyona uğrama eğilimlerinin artacağını belirtmiştir. Havzanın yağış miktarı yüksek bulunmuştur. Özellikle havzanın orta kısmından başlayarak havzanın bitki örtüsü bakımından zayıf olduğu alanlarda R değerlerin eroziv etkisi çok yüksektir. Bitki örtüsünün yetersiz olduğu bu alanlarda erozyon riski yüksektir (Erdem ve Türkmen, 2020). Bu sonuçlara bakıldığında C değerinin yani bitki örtüsünün erozyon miktarını etkilediği ortaya çıkmıştır. RUSLE denkleminde en önemli ve değiştirilebilir parametrelerden bir tanesinin C faktörü olduğu belirtilmiştir (Renard ve ark., 1997; Zisu ve Nasui, 2015). Kara ve ark. (2018) fındık tarımı yapılan alanlar için C değeri 0,1 yerine 0,2 olarak alındığında tüm havzadan meydana gelen yıllık toprak kaybı miktarının yaklaşık olarak iki kat artacağını belirtmiştir. Toprak kaybında meydana gelen bu değişim, RUSLE-C faktöründen kaynaklandığını analiz etmiştir. Benzer şekilde Sthiannopkao ve ark., (2006) erozyon miktarını ormanlık alanlarda düşük ve tarım alanlarında daha yüksek bulunduğunu belirtmiştir. Alanda toprak erozyonu miktarının artmasıyla derelere ulaşan sediment miktarı da artış gösterecektir. Toprak parçaları derelere ulaştığında hem dere yataklarının dolmasını hem de su kalitesinin kirlenmesine neden olur (Ding ve ark., 2015). Bu da sucul canlıları ve ekosistemi olumsuz etkileyecektir. Sthiannopkao ve ark. (2007), orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürüldüğü yerlerde toprak erozyonunun artmasıyla barajlara çok yüksek miktarda sedimentin taşındığı ve bununla sudaki bulanıklığı artırarak su kalitesini bozduğunu belirtmiştir.

Çalışma sonucunda Trabzon-Değirirmendere Çatak alt havzasının erozyon risk haritası çıkarılmış, yıllık toplam toprak kaybı miktarı bulunmuş ve derelere ne kadar sediment taşındığını gösteren sediment iletim oranı belirlenmiştir. Elde edilen veriler erozyon kontrol çalışmalarında toprak ve su koruma planlamaları için altlık teşkil edecek ve uygulayıcılara yol gösterecektir. Ayrıca çalışma sonucunda

bir havzaya ait erozyon risk ve sediment iletim oranı haritaları birlikte değerlendirilip havza bazında yapılan çalışmalara ışık tutabilir.

#### Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

#### Kaynaklar

Ahmadi, H., 1999. Applied Geomorphology, Volume I: Water Erosion, Tehran University Publications, Iran.

Arnoldus, J.M.J., 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *Food. Agric. Org., Soils Bulletin* 34:39-51.

Balcı, A.N., 1996. Toprak Koruma. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3947, Orman Fakültesi Yayın No:439. İstanbul.

Boyce, R.C. 1975. Sediment routing with sediment delivery ratios. Present and Prospective Technology for ARS. USDA (usda.gov), Washington, D.C.

Chougule V.A., Sapkale J.B., Pawar-Patil V.S., 2021. RUSLE and SDR model for erosional risk assessment and sediment yield estimation of Achara basin, western coast, India. *Disaster Advances* 14(7):19-31.

CORINE, 2021. European Environment Agency. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/lcc-2012-2018?tab=download>.

Cüberal, İ., Ekinci, D., 2006. Kızılkçeçili deresi havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* 47: 115-130.

ÇEM, 2021. Çölleşme ve Erozyon İle Mücadele Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Menu/32/Erozyon-Kontrolu>. 10.07.2021.

Çepel, N. 1996. Toprak erozyonu, ülkemiz boyutları ve orman-erozyon ilişkisi. TEMA Vakfı 8. Erozyon eğitim kursu notları, Adana, 1-15.

Ding, J., Jiang, Y., Fu, L., Liu, Q., Peng, Q., Kang, M. 2015. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. *Water*, 7: 4427-4445. DOI:10.3390/w7084427.

- Doğan, O. 1982. Ankara koşullarında üniversal denklem faktörleri (ara rapor). Merkez Toprak Su Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 82, Rapor Yayın No: 25, Ankara.
- Erdem, M., Türkmen, F., 2020. Çırçıp deresi havzasında RUSLE modeli ile erozyon riskinin değerlendirilmesi, Turnasuyu-Ordu. *Akademik Ziraat Dergisi* 9(1): 129-136.
- Erinç S., 1984. Klimatoloji ve Metodları, İst Üniv. Yay. No: 3278, Deniz Bilimleri ve Coğ. Enst Yay. No:2, İstanbul
- Fathizad, H., Karimi, H., Alibakhshi, S.M., 2014. The estimation of erosion and sediment by using the RUSLE model and RS and GIS techniques (Case study: Arid and semi-arid regions of Dohra, Ilam province, Iran). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 7(6): 304-314.
- Foster, G.R., McCool, D. K., Renard, K. G., Moldenhauer, W.C., 1981. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation* 36(6):355-359.
- Ganasri, B.P., Ramesh, H., 2015. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers* 7: 953-961.
- Hudson, N.W., 1981. Soil conservation, 2nd edn. Batsford, London.
- Ibrahim, A.L., Yaakub, S.Y., Khan, N.L.M., Huey, T.T., 2012. Application of geographic information system in soil erosion prediction. The 33rd Asian Conference on Remote Sensing. 26-30 November, Pattaya, Thailand.
- Issaka, S., Ashraf M.A. 2017. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Taylor&Francis Group, Geology, Ecology and Landscapes*. DOI: 10.1080/24749508.2017.1301053.
- Kara, Ö., Çakıroğlu, K., Koralay, N., 2018. Foldere Yağış Havzasında Rusle Yöntemine Göre Toprak Erozyonunun Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 20, 3, 638-652.
- Karamage, F., Shao, H., Chen, X., Ndayisaba, F., Nahayo, L., Kayiranga, a., Omifolaji, J.K., Liu, T., Zhang, C., 2016. Deforestation effects on soil erosion in the Lake Kiyu Basin, D.R. Congo-Rwanda. *Forests* 7(281):1-17.
- Karagül, R. 1999. Trabzon-Söğütödere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Sekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması. *Journal of Agriculture and Forestry-TUBITAK* 23: 53-68.
- Kılıç, O.M., Duman, E., Ersayın, K., 2018. Çekerek Havzası'nın USLE yöntemine dayalı erozyon modellenmesi. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*. 3-6 Ekim, Ankara.
- Koralay N., Kara O., Kezik U. 2018. Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey, *Water and Environment Journal* 32:412-421. DOI: 10.1111/wej.12338.
- Lafren, J.M., Foster, G.R. ve Onstad, C.A. 1985. Simulation of individual-storm soil loss for modeling the impact of soil erosion on crop productivity. *Soil Erosion and Conservation*, 285-295.
- Lee, S.E., Kang, S.H., 2013. Estimating the GIS-based soil loss and sediment delivery ratio to the sea for four major basins in South Korea. *Water Science and Technology* 68(1):124-133.
- Lu, X.X., Song, J.M., Li, X.G., Yuan, H.M., Zhan, T.R., Li, N., Gao, X.L., 2005. Geochemical characteristics of nitrogen in the southern Yellow Sea surface sediments. *J. Marine Syst.* 56(1-2), 17-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.06.009>.
- Moore, I. D., Burch, G. J., 1986. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal* 50: 1294-1298.
- Nijimbere, G., Lizana, C.R., 2019. Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE model. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety* 27(1):17-28.
- Özdemir, M.A., Tatar, S., 2016. CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektrik Dergisi* 8(1):1-21.
- Rehman, O.U, Rashid, M., Kausar, R., Alvi, S., Hussain, R. 2015. Slope Gradient and Vegetation Cover Effects on the Runoff and Sediment Yield in Hillslope Agriculture. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology* 3(6): 478-483.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G., McCool, D., Yoder, D. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Government Printing Office Washington, DC.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P. 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 46: 30-33.



- 
- Sthiannopkao, S., Takizawa S., Wirojanagud W. 2006. Effects of soil erosion on water quality and water uses in the upper Phong watershed. *Water Science & Technology*, 53(2): 45-52.
- Sthiannopkao, S., Takizawa, S., Homewong, J., Wirojanagud, W. 2007. Soil erosion and its impacts on water treatment in the northeastern provinces of Thailand. *Environment International* 33: 706–711.
- Tosic, R., Kapovic, M., Lovric, N., Dragicevic S., 2013. Assessment of soil erosion potential using RUSLE and GIS: A case study of Bosnia and Herzegovina. *Fresenius Environmental Bulletin* 22:3415-3421.
- TRGM, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM>
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., 2016. Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 17(2):188-199.
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., Vatandaşlar, C., Dinç, M., Duman, A., Tüfekçioğlu, A., 2018. Assessing and mapping erosion risk for Veliköy sub-watershed within Coruh River Basin in Turkey. *Journal of Natural Hazards and Environment* 4(2), 210-220. DOI: 10.21324/dacd.415081.
- USDA, 1972. US Department of Agriculture (usda.gov). Sediment sources, yields, and delivery ratios. National Engineering Handbook, Section 3 Sedimentation.
- Vanoni, V.A., 1975. Sedimentation Engineering, Manual and Report No. 54. American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- Vatandaşlar, C., Yavuz, M., 2017. Modelin cover management factor of RUSLE using very high-resolution satellite imagery in semiarid watershed. *Environmental Earth Sciences* 76(65):1-21.
- Welde, K., Gebremariam B. 2017. Effect of land use land cover dynamics on hydrological response of watershed: Case study of Tekeze Dam watershed, northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research* 5: 1–16.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning.
- Yılman, F.E., 2009. Eldivan Sarayköy-II Göleti (Çankırı) su toplama havzasında Rusle yöntemi ile toprak kayıplarının tahmin edilmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Zisu, I, Nasui, D., 2015. Using universal soil loss equation for soil erosion assessment in agricultural land from Logoj Hills. *Geographica Timisiensis* 24(2):13-23.